

ISBN : 978-979-96565-5-1

PROSIDING

PENINGKATAN KUALITAS PENELITIAN
DAN PENDIDIKAN PASCASARJANA

VOLUME

1



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Program Pascasarjana



SEMINAR NASIONAL **IX**
PASCASARJANA - 2009

Surabaya, 12 Agustus 2009

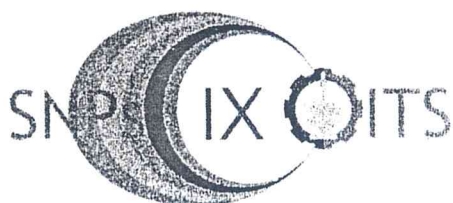
PROSIDING

SEMINAR PASCASARJANA IX ITS 2009
(SNPs IX ITS 2009)

ISBN NO: 978-979-96565-5-1

TEMA:

PENINGKATAN KUALITAS PENELITIAN DAN PENDIDIKAN PASCASARJANA



SURABAYA, 12 AGUSTUS 2009

GEDUNG PASCASARJANA ITS SURABAYA



JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

DAFTAR ISI

	Hal
Cover	
Kata Pengantar	i
Susunan Panitia	iii
Daftar Isi	v

Volume I.

Makalah Bidang: FISIKA DAN T. ELEKTERO

I. FISIKA

Nama	Judul	Kode
Ahmad Sholihan, Bagus Jaya Santosa	ANALISIS DISPERSI GELOMBANG RAYLEIGH STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN STUDI KASUS : DAERAH PASIR PUTIH DALEGAN GRESIK	FIS - 01
Almunawar Khalil, Sri Yani Purwaningsih, Darminto	PENGARUH DOPING EMAS DAN PERLAKUAN ANIL PADA SENSITIVITAS LAPISAN TIPIS SnO ₂ UNTUK SENSOR GAS CO	FIS - 02
Anis Nur Laili, Darminto	SINTESIS BAHAN SUPERKONDUKTOR BiSr ₂ CaCu ₂ O _y (Bi-1212) DENGAN VARIASI DOPAN MELALUI METODE PENCAMPURAN BASAH	FIS - 03
Anwar Santoso	VARIASI POLA KOMPONEN H MEDAN GEOMAGNET STASIUN BIAK SAAT KEJADIAN SOLAR ENERGETIC PARTICLE (SEP) KUAT PADA SIKLUS MATAHARI KE-23	FIS - 04
Bachtiar Anwar	MONITORING HIGH-SPEED PARTICLE STREAM FROM EQUATORIAL CORONAL HOLE	FIS - 05
Bambang Setiajadi	GLOBAL MHD SIMULATION OF THE MAGNETOSPHERIC RESPONSE DUE TO TRANSIENT SOLAR WIND STUDIED AT LAPAN WATUKOSEK 2009: THE SPACE EARLY WARNINGS	FIS - 06
Basri , Dr.Mochamad Zainuri, Zaenal Arifin	PENGARUH PERLAKUAN PANAS TEMPER T6 DAN T351 TERHADAP PERILAKU KOROSI PADUAN ALUMINIUM AA2024 DALAM LARUTAN 0,05 M NaCl	FIS - 07
Dedi Setiawan , Triwikantoro, Heny Faisal , Wagiyo	PENGARUH NITRIDASI TERHADAP KETAHANAN KOROSI STAINLESS STEEL AISI 316L DALAM CAIRAN TUBUH TIRUAN	FIS - 08
Zainul Musafak, Bagus Jaya Satosa	INTERPRETASI METODE MAGNETIK UNTUK PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI SEKITAR GUNUNG KELUD KABUPATEN KEDIRI	FIS - 09
Didi Muhtadi, Yono Hadi Pramono	ANTENA MIKROSTRIP SLOT BERSTRUKTUR KUPU- KUPU DENGAN FEEDING CO-PLANAR WAVEGUIDE	FIS - 10

Era Budi Prayekti, Melania Suweni Muntini, Agoes Soetijono, Agus Rubiyanto Frida U. Ermawati	KUANTISASI WARNA VARIETAS UNGGUL KACANG KEDELA	FIS - 11
Habirun	ERP INVESTIGATION ON SPIN FLIPS SATELLITE LINES OF TRAPPED HYDROGEN ATOMS IN SOLIDS H ₂	FIS - 12
	REKONSTRUKSI MODEL VARIASI KOMPONEN H POLA HARI TENANG STASIUN GEOMAGNET TANGERANG	FIS - 13
Haning Hasbiyati, Triwikantoro	ANALISIS FASA KRISTAL BAHAN GLAS METALIK BERBASIS ZIRKONIUM ANTARA TEMPERATUR 410°C - 430°C	FIS - 14
Hildayati, Triwikantoro, Heny Faisal, Sudirman	SINTESIS DAN KARAKTERISASI BAHAN KOMPOSIT KARET ALAM-SILIKA	FIS - 15
Hisbulloh Huda, Bagus Jaya Santosa	PENCITRAAN STRUKTUR PERMUKAAN BAWAH TANAH DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA KURVA DISPERSI STUDI KASUS: KAMPUS GEOMATIKA FTSP ITS SURABAYA	FIS - 16
Ihsan, Sri Yani Purwaningsih, Triwikantoro	FABRIKASI SENSOR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) BERBASIS LAPISAN TIPIS ZnO:Al	FIS - 17
Indra Fitriliyana, Oki Satriawan, Widya Utama	INTERPRETASI STRUKTUR DAN SEDIMENTASI RESERVOAR FORMASI PARIGI SUMUR "B-29" LAPANGAN ITS CEKUNGAN JAWA BARAT MENGGUNAKAN FULLBOREFORMATION MICRO IMAGER LOG (FMI)	FIS - 18
L Muhammad Musafar K	POWER SPECTRAL DISTRIBUTION OF Pc3 MAGNETIC PULSATIONS OBSERVED AT BIAK DURING DESCENDING-PHASE OF SOLAR ACTIVITY	FIS - 19
Lukman, Triwikantoro	PENGARUH UNSUR KOROSIF PADA AIR HUJAN TERHADAP PERILAKU KOROSI BAJA KARBON RENDAH	FIS - 20
M. Saleh, M. Zainuri	PENGARUH PELAPISAN OKSIDA SiO ₂ PADA PERMUKAAN PARTIKEL SiC TERHADAP KUALITAS IKATAN ANTARMUKA KOMPOSIT Al-SiC	FIS - 21
M Shohib Anwar, Darminto	PENGUNAAN DOPAN Pb, Ba DALAM SINTESIS BAHAN SUPERKONDUKTOR Bi-Sr-Ca-Cu-O FASA 1223 MELALUI METODE PENCAMPURAN BASAH	FIS - 22
Mohamad Rauf, Widya Utama	APLIKASI METODE GEOLISTRIK UNTUK MENENTUKAN CADANGAN FOSFAT: STUDI KASUS SUKOLILO, PATI JAWA TENGAH	FIS - 23
Mursalin, Suminar Pratapa, Heny Faisal	PENGARUH PERLAKUAN PANAS AGING TERHADAP PERILAKU KOROSI PADUAN ALUMINIUM SERI 6061 DALAM LARUTAN 0,05M HCl	FIS - 24
Muwahidah Nurhasanah, Melania Suweni Muntini, Yanurita Dwi Hapsari	OPTIMASI SISTEM PENGUKURAN MELALUI MODIFIKASI PENGKONDISI SINYAL PADA SENSOR GAS CO	FIS - 25

Nadifatul Fuadiyah, Widya Utama,Totok Parafianto	ANALISIS PETROFISIKA BANTUAN KARBONAT PADA LAPANGAN DIF FORMASI PARIGI CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA	FIS – 26
Nugrahani Primary Putri, Darminto	MORFOLOGI DAN SIFAT LISTRIK FILM NANOKOMPOSIT PANi/HCl/Fe ₃ O ₄	FIS – 27
Nurmawati, ZaenalArifin, Darminto	PENGARUH PERLAKUAN PANAS T6 DAN T78 PADA KOROSI LOKAL PADUAN ALUMINIUM 6063	FIS - 28
Ridhwan, Dwa Desa Warnana, Widya Utama	PENGUNAAN METODE RESISTIVITAS 3-DIMENSI: UNTUK MENGETAHUI BIDANG LONGSOR PADA DAERAH RAWAN LONGSOR DI DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAGIAN DARI MITIGASI BENCANA LONGSOR,	FIS – 29
Sitti Aminah, Mochamad Zainuri, Zaenal Arifin	ANALISIS ELEKTROKIMIA PADUAN AA3003 DAN 5052 DALAM LARUTAN METANOL TERKONTAMINASI HCl DAN H ₂ SO ₄	FIS – 30
Suyanto, Miftahuddin	PENERAPAN PID CONTROLLER PADA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA PROSES PEMBUATAN KACA LEMBARAN DI PT ASAHIMAS FLAT GLASS, TBK SIDOARJO	FIS - 31
Tofan Tri Oktora, Eddy Yahya	SIFAT ELEKTRONIK SILIKON AMORF TERHIDROGENASI TIPE P YANG DIDEPOSISI DENGAN SISTEM PECVD	FIS – 32
Wahyu Tristiyoherrni, Mualimin, Widya Utama	ANALISIS PRE-STACK TIME MIGRATION (PSTM) PADA DATA SEISMIK 2D DENGAN MENGGUNAKAN METODE KIRCHOFF PADA LAPANGAN "ITS" CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA	FIS – 33
Yenny Agustine Shovia Insany, Suminar Pratapa	KARAKTERISASI MIKROSTRUKTUR NANOKRISTAL SPINEL-MgAl ₂ O ₄ HASIL PENGGIILINGAN	FIS – 34

II. T. ELEKTRO

Abdelrahim Ahmed Mohammed Ate, Rusdhianto Effendie,	CONTROLLING VERTICAL TILT, YAW RATE AND NAVIGATION OF AUTONOMOUS BICYCLE BY USING NEURO-FUZZY SYSTEM	ELK – 01
Ali Musyafa, Soedibjo, I Made Yulistiya Negara, Imam Robandi	PERANCANGAN CONTROL LOGIKA FUZY PADA SUDUT ANGGUK SEBAGAI VARIABEL KECEPATAN TURBIN ANGIN	ELK – 02
Alief Wikarta	SOLUTIONS OF CRACK PROBLEM NEAR COATED ELLIPTICAL HOLE IN ANTI-PLANE ELASTICITY	ELK – 03
Benrad Edwin Simanjuntak, Muhammad Rivai	DETEKSI KEBUSUKAN DAGING MENGGUNAKAN SENSOR POLIMER KONDUKTIF DAN NEURAL NETWORK	ELK – 04

Budi Setiyono, Mauridhi Hery P, Mochamad Hariadi	SUPERRESOLUTION MENGGUNAKAN PHASED BASED IMAGE MATCHING	ELK – 05
Budi Tri Cahyono, Ketut Eddy P, Moch Hariadi	SEGMENTASI EXUDATE PADA FUNDUS PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN BRANCHES FILTERING	ELK - 06
Eviv Lailyana, I Ketut Eddy Purnama	SEGMENTASI PARU-PARU PADA CITRA X-RAY MENGGUNAKAN LEVEL SET	ELK – 07
Destuardi, Surya Sumpeno	KLASIFIKASI EMOSI UNTUK TEKS BAHASA INDONESIA MENGGUNAKAN METODE NAIVE BAYES	ELK – 08
Iwan Purwonugroho Hari Putra	POLA PENATAN RUANG PASAR SEBAGAI DASAR PEMBUATAN GAME SIMULASI PASAR BERBASIS FINITE STATE MACHINE	ELK – 09
John Maspupu	ANALISIS MULTIRESPOLUSI MORLET WAVELET SEBAGAI KELENGKAPAN PEMROSESAN SINYAL ULF GEOMAGNET	ELK – 10
Khairul Anam	PEMBELAJARAN FUZZY Q-LEARNING PADA ROBOT MANDIRI UNTUK PERILAKU MENGHINDARI HALANGAN PADA LINGKUNGAN TIDAK TERSTRUKTUR	ELK – 11
Khairul Anam	SISTEM KENDALI BEHAVIOR-BASED DENGAN KEMAMPUAN BELAJAR MENGGUNAKAN FUZZY Q- LEARNING UNTUK SISTEM NAVIGASI ROBOT MANDIRI	ELK – 12
Masy Ari Ulinuha, I Ketut Eddy Purnama Mochamad Hariadi	SEGMENTASI OPTIC DISK PADA PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY MENGGUNAKAN GVF SNAKE	ELK – 13
Muldi Yuhendri, Mochammad Ashari, Mauridhi Hery Purnomo	MAXIMUM OUTPUT POWER TRACKING DENGAN METODE INDIRECT FIELD ORIENTED CONTROL (IFOC) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN STAND ALONE BERBASIS FUZZY LOGIC CONTROLLER	ELK – 14
Nurlita Gamayanti, Abdullah Alkaff, Ahmad Rusdiansyah	PENGEMBANGAN ALGORITMA HEURISTIK ANT COLONY SYSTEM UNTUK MENYELESAIKAN PERMASALAHAN DYNAMIC VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN TIME WINDOW (DVRPTW) PADA PENYEDIA JASA INTER-CITY COURIER	ELK – 15
Nurpadmi, I Ketut Eddy Purnama	SEGMENTASI TULANG PADA CITRA CT MENGGUNAKAN DEFORMABLE MODEL	ELK – 16
Riyanto, I Ketut Eddy Purnama	SEGMENTASI CITRA DIATOM MENGGUNAKAN GRADIENT VEKTOR FLOW (GVF) SNAKE	ELK – 17
Sila Abdullah Syakry, Rahmat Syam, Mochammad Hariadi	PERBAIKAN CITRA SIDIK JARI BERMINYAK MENGGUNAKAN METODE WARD'S ALGORITHM DAN UNSHARP FILTERING	ELK – 18

Susijanto Tri Rasmana, Rusdhianto Effendie Abdul Kadier	PERANCANGAN SISTEM KEMUDI DAN NAVIGASI BERBASIS DATA KAMERA PADA AUTOMATIC GUIDED VEHICLE (AGV)	ELK – 19
Trihastuti Agustinah, Rohman Dwi K, Achmad Jazidie	SISTEM KONTROL FUZZY BERBASIS ROBUST H_{∞} DAN MODEL FUZZY TAKAGI-SUGENO UNTUK INVERTED PENDULUM	ELK – 20
Umar, M. Natsir R, Faanzir, Idham Jufri	OPTIMISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM TENAGA MENGGUNAKAN BINARY ENCODING GENETIC ALGORITHM	ELK - 21
Yusran, Mochamad Ashari, Adi Soeprijanto	PEMODELAN DAN SIMULASI ISOLATED SMALL HYDROELECTRIC PLANT (SHP)	ELK – 22
Yusran, Mochamad Ashari, Adi Soeprijanto	PEMODELAN DAN SIMULASI ISOLATED SMALL HYDROELECTRIC PLANT (SHP)	ELK - 23
Yoyok Prasetyo	MODEL KEPALA MANUSIA DENGAN ORIENTASI STRUKTUR ANATOMI UNTUK ANIMASI MIMIK BERBASIS KERUT WAJAH	ELK - 24

Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika

Hildayati^{1*}, Triwikantoro¹, Heny Faisal¹, Sudirman²

¹MIPA Fisika, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)

Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, INDONESIA

²Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)

Kawasan Puspiptek, Serpong, INDONESIA

*Email: elda@physics.its.ac.id

Abstrak

Bahan komposit karet alam-silika (karet alam-SiO₂) dikembangkan dengan kombinasi partikel silika dan lateks alam iradiasi (LAI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa partikel SiO₂ secara homogen didistribusikan keseluruh permukaan matriks karet alam sebagai *clusters*. Partikel-partikel dibentuk sebagai suatu *clusters* dengan memanfaatkan 3-aminopropyltriethoxysilane (APTES) sebagai agen penggandeng. Kuat tarik, *tensile modulus*, dan perpanjangan putus mengalami peningkatan secara drastis pada komposisi 9-12 wt % SiO₂ di dalam karet alam. Sedangkan kuat sobeknya mengalami peningkatan drastis pada komposisi 6-9 wt% SiO₂ di dalam karet alam. Selanjutnya, penambahan komposisi SiO₂ pada matriks akan meningkatkan kekerasan dan perbaikan sifat panas komposit. Analisis struktur dengan menggunakan FT-IR dan SEM. Komposit karet alam/SiO₂ mempunyai potensi besar diaplikasikan menghasilkan bahan jadi karet terutama produk-produk bersifat melindungi dengan kinerja-kinerja yang tinggi.

Kata kunci : Karet alam; Silika; Komposit; *Clusters*; Agen Penggandeng.

1. Pendahuluan

Kebanyakan teknologi modern memerlukan bahan dengan kombinasi sifat-sifat luar biasa yang tidak dapat dicapai oleh bahan-bahan lazim seperti logam, keramik dan bahan polimer. Sehingga Manusia sejak dari dahulu telah berusaha untuk menciptakan berbagai produk yang terdiri dari gabungan lebih dari satu bahan untuk menghasilkan suatu bahan yang lebih kuat. Suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda-beda dikatakan sebagai bahan komposit. Bahan komposit tersusun atas matriks dan *filler* (penguat). Matriks adalah bahan yang menjadi dasar pembentukan bahan komposit yang mengikat penguat dengan tidak terjadi ikatan secara kimia, sedangkan penguat adalah bahan yang diisikan kepada bahan matriks yang berfungsi untuk menunjang sifat-sifat matriks dalam membentuk bahan komposit. Dengan demikian sifat bahan merupakan fungsi dari susunan penguat yang meliputi konsentrasi, ukuran, bentuk, dan distribusi dari penguat.

Perkembangan mengenai komposit telah berkembang dengan sangat luas seiring dengan berkembangnya teknologi dalam bidang rekayasa material. Dengan perkembangan tersebut menuntut adanya suatu bahan berada dalam orde yang lebih kecil. Jika ukuran kristal dari suatu material semakin kecil, maka luas permukaannya semakin besar. Sehingga material tersebut diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat dari material, baik sifat listrik, mekanik dan sifat

yang lainnya. Teknologi komposit merupakan teknologi penggunaan partikel yang terdispersi pada matriks baik berupa polimer, logam maupun keramik. Ciri utama dari manfaat penggunaan partikel adalah penggunaan partikel yang lebih sedikit, namun menghasilkan produk yang mempunyai keunggulan sifat jauh lebih besar. Peningkatan sifat-sifat material komposit, antara lain: sifat mekanik, ketahanan kimia, stabilitas terhadap suhu, permeasi gas, konduktivitas elektrik, penampakan optis (transparan dan jernih), *flame retardancy*, *scratch resistance*, anti mikroba dan *smoke emissions* (Liza, 2009).

Bahan dasar yang digunakan sebagai matriks yaitu karet alam. Karet alam merupakan salah satu polimer dengan monomer isoprena yang berasal dari air getah dari tumbuhan *Hevea brasiliensis* dari famili *Euphorbiaceae*. Rantai-rantai karet alam dapat mencapai keteraturan yang baik, terutama ketika karet itu diregangkan. Sehingga karet alam yang mengkristal pada peregangan menghasilkan *tensile strength* yang tinggi (Morton, 1959). Penggunaan karet alam sebagai matriks, disebabkan karet alam juga merupakan satu biosintesis yang paling penting pada polimer yang memiliki sifat fisik dan kimia yang baik, sehingga banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang. Selanjutnya, sebagai biomakromolekul yang baik maka lateks karet alam banyak diaplikasikan dalam produk-produk medis, yaitu sebagai tabung transfusi darah, kondom, sarung tangan medis maupun pipa dalam saluran tubuh. Hal ini disebabkan oleh sifat elastisitas, fleksibilitas, penyebaran anti-virus, formabilitas dan biodegradabilitas yang

baik. Namun kuat tarik rendah dari karet dan ketahanan sobek yang kurang baik merupakan kelemahan utama dari produk karet alam, terutama untuk produk sarung tangan medis dan kondom (Zeng Peng, 2007). Oleh karena itu pengembangan kinerja produk-produk lateks karet alam yang bersifat melindungi perlu ditingkatkan. Dalam pengembangan kinerja pada produk-produk karet alam ini, maka diperlukan bahan pengisi yang dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan dari sifat karet tersebut.

Pada penelitian ini akan digunakan partikel silika sebagai penguat dalam matriks karet alam. Silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaannya di alam tidak dalam kondisi bebas melainkan terikat dengan senyawa lain baik secara fisik maupun secara kimia. Penggunaan silika banyak dalam industri-industri, dikarenakan sifat dan morfologinya yang unik, diantaranya: luas permukaan dan volume porinya yang besar, dan kemampuan untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli dan bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat *hidrofobik* ataupun *hidrofilik* sesuai dengan struktur dan morfologinya (Nugrohu, dkk. 2006).

Selain itu silika juga bersifat non konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degradasi termal yang baik, jika dipadukan dengan karet alam, maka akan membentuk komposit karet alam-silika yang akan menunjukkan kemampuannya untuk memperbaiki kinerja sebuah komposit baik sifat mekanik, optik, listrik maupun ketahanannya terhadap korosi jika dibandingkan dengan komposit berpenguat lainnya. Kinerja yang lebih baik tersebut terbentuk disebabkan adanya ikatan *interface* antara SiO_2 dengan karet alam.

Pada penelitian ini diharapkan, menghasilkan bahan komposit dengan ukuran dan bentuk serta distribusi dari SiO_2 yang lebih baik sebagai penguat dalam matriks karet alam. Dengan demikian perpaduan SiO_2 dengan karet alam akan menghasilkan sebuah komposit berbasis polimer yang mempunyai keunggulan sifat-sifat mekanik dan fisik diantaranya sifat panas, kekuatan tarik, kekuatan sobek, modulus elastisitas, serta ketangguhan yang lebih baik. Sehingga bahan komposit yang dihasilkan dapat diaplikasikan dalam pembentukan produk-produk dengan kinerja yang lebih tinggi diantaranya, sarung tangan listrik, sarung tangan medis, maupun pipa dalam saluran tubuh.

2. Metode Percobaan

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: lateks karet alam iradiasi (LAI) dengan dosis radiasi 15 kGy sebagai matriks, silika jenis A275 diperoleh dari Kimia FMIPA UPN Veteran–Surabaya yang berbentuk serbuk kasar. Sampel ini dihasilkan dari limbah industri, di mana proses pengolahannya dilakukan dengan metode ekstraksi, dengan pencucian 2 kali dan pembakaran pada temperatur 750°C (Sumber: UPN Veteran Surabaya), 3-Aminopropyltriethoxysilane 99 %

sebagai agen penggandeng, aquadest, NaOH 0,2 M (E.Merck), dan Etanol 99,8 % (E.Merck).

2.2 Proses Modifikasi Permukaan Silika

Pada proses ini digunakan 3-Aminopropyltriethoxysilane sebagai agen penggandeng (Corning, Dow. 2003). Agen penggandeng dengan 10 wt% penguat dimasukkan dalam 20 ml etanol, mengaduknya selama beberapa menit agar 3-Aminopropyltriethoxysilane terdistribusi merata dalam pelarutnya. Kemudian menyempotkannya pada 20 gram silika powder sambil diaduk beberapa jam agar 3-Aminopropyltriethoxysilane homogen pada permukaan penguatnya. Campuran dikeringkan pada temperatur ruang, dan untuk mendapatkan berat yang diinginkan maka campuran dimasukkan dalam oven listrik pada suhu 40°C selama 1 jam.

Setelah kering maka silika/3-Aminopropyltriethoxysilane ditambahkan dengan air dengan perbandingannya silika : air = 2 : 1. Memasukkan bahan dalam alat dispersi, dan mendispersinya selama 38 jam.

2.3 Sintesis Bahan Komposit Karet Alam-Silika

Silika yang sudah didispersi diukur pH-nya dengan menggunakan pH meter, dan menambahkan beberapa tetes NaOH 0,2 M agar pH-nya sesuai dengan pH lateks. Kemudian memasukkan dispersi silika dalam lateks alam iradiasi (LAI) dengan perbandingan yang sudah ditentukan, yaitu: Karet Alam/ SiO_2 = 97/3, 94/6, 91/9, 88/12 dan 76/24 (phr/phr).

Campuran kemudian diaduk dengan menggunakan internal mixer selama 30 menit dan diharapkan disperse silika sudah menyebar rata dalam lateks alam iradiasi. Kemudian memasukkan campuran ke dalam cetakan kaca berukuran $15 \times 14 \times 0,5 \text{ cm}^3$ sambil disaring agar gelembung udaranya tidak ikut dalam cetakan. Cetakan dibiarkan kering pada temperatur ruang selama beberapa hari. Setelah kering maka sampel direndam dalam bak berisi aquades (dingin) selama 24 jam. Perendaman ini bertujuan untuk menghilangkan protein dan zat-zat non karet lainnya yang masih tersisa dalam karet. Setelah 24 jam perendaman, film diangkat dan dikeringkan lagi pada temperatur ruang selama beberapa hari. Pengeringan selanjutnya yaitu dengan memasukkan film ke dalam oven listrik berputar dengan temperatur 70° selama 1 jam.

Setelah kering film diangkat, dan dipotong dengan mesin pemotong (*dumbbell*) sesuai ukuran dari masing-masing uji karakterisasinya. Sampel dikarakterisasi sesuai dengan uji karakterisasi yang diinginkan

2.4 Karakterisasi

Silika powder yang digunakan sebagai penguat sebelumnya dikarakterisasi dulu dengan XRD (*X-ray diffraction*), merk Philips PW 1710 dengan $\text{Cu K}\alpha$ ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$), tegangan 20 kV dan arus 20 mA (Batan, Serpong). X-ray

diffraction digunakan untuk mengidentifikasi komposisi fase yang terdapat pada sampel (Pratapa, S., 2003). Selain itu untuk mengetahui ukuran partikel maka dilakukan uji PSA (*Partikel Size Analyser*) dengan merk Delsa Tm Nano. Pengamatan struktur mikro komposit menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merk JEOL JSM-6510 LA 2300 dengan tegangan 20 kV (Batan, Serpong). Pengujian sifat mekanik menggunakan *Universal Testing Mechine* (Batan Pasar Jumat, Jakarta Selatan) dengan kecepatan 500 mm/menit. Sifat fisik lainnya yang diukur yaitu kekerasan dengan menggunakan *Durometer Tester Shore A*.

Sifat panas dari komposit yang dihasilkan diuji dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) merk Maettile Taledo seri 8210 (Sentra Teknologi Polimer, Serpong). Sedangkan untuk mengamati jenis gugus fungsi molekul yang terkandung di dalam komposit, sehingga diharapkan bisa membedakan struktur molekul karet mentah dan kontaminan vulkanisat dilakukan pengujian *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) merk JASCO (Batan, Serpong).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Persiapan Karet Alam sebagai Matriks

Lateks alam iradiasi (LAI) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Batan Pasar Jumat, merupakan lateks yang diperoleh dari perkebunan di Bandung. Lateks alam ini dengan densitas 0,98 g/cm³ telah diradiasi dengan sinar gamma cobalt-60 atau berkas elektron pada dosis 15 kGay.

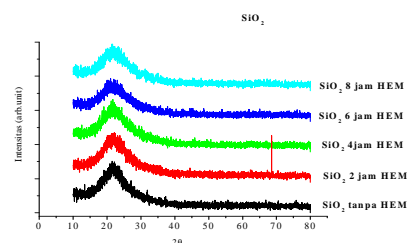
Setiap kali akan digunakan, LAI terlebih dahulu disaring dari kadar koagulumnya. Kadar koagulum merupakan sejumlah zat yang terdiri dari gumpalan karet dan kotoran karet dari luar. Apabila kadar koagulumnya terlalu tinggi, maka pengawet yang diberikan pada karet tersebut masih kurang, sehingga terjadi pra-koagulasi lateks sebelum dipekatkan. Analisis yang dilakukan pada lateks karet alam ini di antaranya menentukan kadar jumlah padatannya (KJP), viskositas dan pH lateksnya. Kadar karet padatan (KJP) atau *total solid content* merupakan persen berat padatan lateks yang mudah menguap atau tertinggal pada suhu tertentu dalam udara terbuka. Penentuannya dilakukan dengan menentukan contoh lateks yang diketahui beratnya dan mengeringkannya dalam oven bersirkulasi udara 70°C selama 3 jam. Analisis lainnya yaitu menentukan nilai viskositas dan pH dari lateksnya. Karakterisasi ini perlu dilakukan karena sebagai bahan alam, komposisi hidrokarbon karet dan bahan-bahan lain dalam lateks selalu berubah-ubah, tergantung musim, cuaca, serta kondisi penyadapan, tanaman dan tanah. Hasil analisis lateks alam iradiasi disajikan dalam Table 3.1.

Table 1. Hasil Analisis Lateks Alam Iradiasi (LAI)

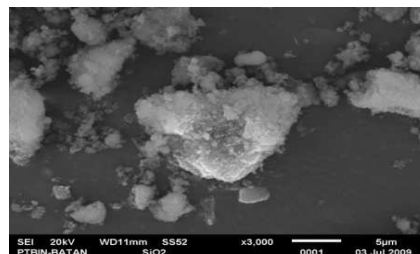
Parameter	Hasil
KJP	52,7 %
Viskositas	62 %
Ph	10,12

3.2 Persiapan Silika Sebagai Penguat

Serbuk SiO₂ disintesis untuk menghasilkan powder SiO₂ dengan ukuran yang lebih kecil. Metode yang digunakan yaitu penggilingan. Sebelum digiling serbuk dihaluskan dahulu dengan digerus menggunakan mortal, kemudian diayak yang menghasilkan 400 mesh. Setelah itu dilakukan penggilingan. Penggilingan merupakan suatu proses mekanik yang bertujuan untuk mereduksi/melumatkan ukuran dari suatu bahan dengan menggunakan suatu mesin yang bekerja secara berputar. Pada pelaksanaan proses penggilingan ini merupakan proses penghalusan secara kering. Serbuk SiO₂ digiling dengan menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM) seri 7000M. Proses penggilingan ini dilakukan selama 8 jam, dengan kelipatan 2, 4, 6, 8 jam. Pada setiap kelipatan 2 jam, sampel SiO₂ dicuplik untuk diidentifikasi dengan XRD, SEM dan PSA.



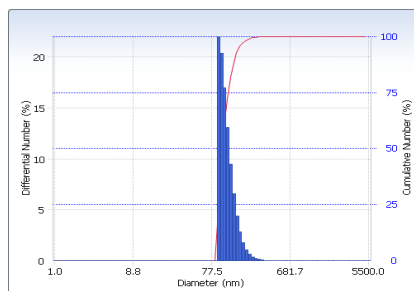
Gambar 1. Pola Difraksi SiO₂



Gambar 2. Analisis SEM Powder SiO₂ pada 8 jam HEM

Analisis SEM merupakan pendukung terhadap analisis XRD. Hasil analisis SEM menunjukkan adanya morfologi SiO₂ yang digunakan sebagai penguat. Berdasarkan difraktometer sinar-X dan SEM yang dilakukan, nampak bahwa penguat yang digunakan mayoritas berbentuk amorf. Adanya *hump* (gundukan) menginformasikan adanya kandungan fasa amorf dari sampel yang digunakan (Na'fiah, 2008). Kekristalan akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelarutan unsur-unsur kimiawi yang terdapat di dalam sampel. Umumnya semakin tinggi tingkat kekristalannya, semakin rendah kelarutan unsur-unsurnya (Hidayati, 2008).

Untuk mendapatkan ukuran partikel secara kualitatif maka dilakukan pengujian PSA (*partikel size Analyser*). Gambar 3. menunjukkan bahwa penggunaan penggilingan dapat menghasilkan rata-rata diameter ukuran partikel SiO₂, yaitu 117,5 nm (*Distribution Number*).



Gambar 3. Hasil Pengujian PSA

3.3 Sintesis Bahan Komposit Karet Alam-Silika

Sintesis diawali dengan memodifikasi permukaan SiO_2 yang dijadikan sebagai penguat. Powder SiO_2 yang telah melewati proses penggilingan selama 8 jam, kemudian ditambahkan dengan 3-Aminopropyltriethoxysilane sebagai agen penggandeng. Sebelum disemprotkan ke dalam powder SiO_2 , agen penggandeng dengan 10 wt% penguat dimasukkan dalam 20 ml etanol, mengaduknya selama beberapa menit agar 3-Aminopropyltriethoxysilane terdistribusi merata dalam pelarutnya (S.Thongsong & N.Sombatsompop, 2005). Kemudian menyemprotkannya pada 20 gram silika powder sambil diaduk beberapa jam agar 3-Aminopropyltriethoxysilane homogen pada permukaan penguatnya. Campuran dikeringkan pada temperatur ruang, dan untuk mendapatkan berat yang diinginkan maka campuran dimasukkan dalam oven listrik pada suhu 40°C selama 1 jam. Silika/3-Aminopropyltriethoxysilane didispersi selama 38 jam, kemudian dispersi silika dicampurkan ke dalam 50% lateks alam iradiasi (LAI) dengan perbandingan yang sudah ditentukan yaitu: Karet Alam/ SiO_2 = 97/3, 94/6, 91/9, 88/12 dan 76/24 (phr/phr).

Melakukan pengadukan pada campuran dengan menggunakan internal mixer selama 30 menit dan diharapkan dispersi silika sudah menyebar rata dalam lateks alam iradiasi. Kemudian memasukkan campuran ke dalam cetakan kaca berukuran $15 \times 14 \times 0,5 \text{ cm}^3$ sambil disaring agar gelembung udaranya tidak ikut dalam cetakan. Cetakan dibiarkan kering pada temperatur ruang selama beberapa hari. Setelah kering maka sampel direndam (*leached*) dalam bak berisi aquades (dingin) selama 24 jam. Perendaman ini bertujuan untuk menghilangkan protein serta pengotor-pengotor atau bahan lainnya yang masih tersisa dalam karet. Karet alam tidak seluruhnya terdiri dari senyawa hidrokarbon karet, tetapi juga mengandung sejumlah kecil senyawa non-karet, seperti protein, karbohidrat, lemak dan bahan-bahan anorganik lain yang terperangkap dalam jaringan partikel karet (Ghosh, 2003). Proses dan lamanya perendaman yang dilakukan sangat berpengaruh terhadap kekuatan fisik dari bahan yang dihasilkan (Morrison dan Porter, 1984).

Setelah 24 jam perendaman, sampel diangkat dan dikeringkan lagi pada temperatur

ruang selama beberapa hari. Setelah kering sampel dimasukkan kedalam oven listrik berputar dengan temperatur 70° selama 1 jam. Setelah kering sampel diangkat, dan dipotong dengan mesin pemotong (*dumbbell*) sesuai ukuran dari masing-masing uji karakterisasinya. Sampel dikarakterisasi sesuai dengan uji karakterisasi yang diinginkan.

3.4 Analisis Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik vulkanisat dapat memberikan gambaran proses pengolahan bahan jadi karet selanjutnya, dan juga dapat digunakan sebagai alat pengawasan mutu produk. Sifat mekanik vulkanisat sangat bervariasi, tetapi yang banyak digunakan yaitu sifat kekuatan tarik, modulus 600 %, perpanjangan putus kekuatan sobek dan kekerasan. Pada Tabel 2. disajikan sifat mekanik vulkanisat karet alam sebagai pembandingnya.

Nilai tarik yang tertinggi terdapat pada komposisi 12 wt% (12 phr) SiO_2 yaitu sebesar 19,91 Mpa, pada komposisi ini terjadi interaksi yang kuat antara permukaan SiO_2 dengan matriks karet alam. Penambahan nanopartikel anorganik ke dalam matriks elastomer akan mengacu pada perbaikan sifat mekanik dari matriks elastomer. Karet alam, sebagai jenis elastomer menunjukkan fleksibilitas yang sempurna dan kekakuan yang lemah. Oleh sebab itu penguatan yang efektif dari SiO_2 secara drastis akan meningkatkan kekuatan tarik dari karet alam. Tetapi dengan penambahan lebih lanjut dari SiO_2 , terjadi penurunan kuat tariknya. Penurunan kuat tarik ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan kekakuan dari karet alam sehingga bahan yang dihasilkan menjadi *brittle* dan getas. Kekakuan dari bahan yang dihasilkan disebabkan sifat SiO_2 lainnya juga mendominasi, yaitu nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan karet alam. Dengan semakin banyaknya SiO_2 yang ditambahkan pada matriks karet alam menyebabkan slip dan kerapuhan antara partikel SiO_2 itu sendiri maupun *croslink* karet alam. Selain itu sebuah komposit dengan jumlah penguat nya melebihi batas, maka menyebabkan kontak permukaan antara penguat dengan matrik tidak terjadi sempurna. Dengan demikian ikatan permukaan antara penguat dan matriks akan berkurang, sehingga kekuatan tariknya juga menurun secara drastis.

Perbaikan yang dramatis pada kuat tarik juga mengakibatkan perbaikan *tensile modulus* pada *elongation* yang berbeda-beda. Modulus merupakan perbandingan antara nilai kuat tarik dengan perpanjangan putusnya. Sehingga dengan meningkatnya nilai kuat tarik menyebabkan peningkatan juga pada nilai modulusnya. Pada nilai perpanjangan yang kecil (100%), terjadi interaksi permukaan penguat dengan matriks yang cukup kecil, sehingga nilai modulusnya juga berjalan relatif kecil. Sedangkan nilai perpanjangan yang tinggi (600%) terjadi peningkatan modulus yang signifikan dari kristalin karet alam. *Tensile modulus* meningkat ketika komposisi SiO_2 mencapai 12-24 wt%.

Peningkatan ini disebabkan pada fraksi massa tersebut distribusi dari penguatnya terdistribusi merata, sehingga memungkinkan terjadinya kontak permukaan dari penguat dan matriks menjadi besar. Besarnya kontak permukaan tersebut mengakibatkan kuatnya ikatan antara matriks dan penguat. Selain itu terjadi juga peningkatan derajat ikatan silang antar molekul karet, yang disebabkan dari proses

perendaman (K. Makuuchi, 2003). Proses perendaman menyebabkan protien dan pengotor-pengotor lainnya yang terdapat pada karet alam akan larut dalam air. Berkurangnya kadar protien dan pengotor dari matriksnya mengakibatkan berkurangnya pula kadar nitrogen. Dengan pengurangan kadar nitrogen karet alam tersebut maka kuat tarik, modulus dan kekerasan vulkanisatnya akan ditingkatkan.

Tabel 2. Sifat Mekanik Vulkanisat Karet Alam

Sifat-sifat	Perbandingan Karet Alam/SiO ₂ (phr/phr)					
	100/0	97/3	94/6	91/9	88/12	76/24
Kuat tarik (Mpa)	13.93	16.44	17.70	18.42	19.91	12.81
<i>Tensile Modulus</i> (Mpa)						
Perpanjangan 100 %	0.36	0.43	0.44	0.442	0.49	0.49
Perpanjangan 300 %	0.70	0.86	0.84	0.90	0.98	0.95
Perpanjangan 600 %	1.87	2.19	2.40	2.44	2.53	3.48
Perpanjangan putus (%)	920.00	923.94	956.67	963.33	1000.00	946.66
Kuat sobek (kg/cm)	24.79	24.91	25.28	35.24	30.35	30.08
Kekerasan (Shore A)	26.33	28.00	29.33	30.00	32.00	36.67

Penambahan penguat SiO₂ yang telah dimodifikasi permukaannya menyebabkan terjadinya ikatan yang kuat antar permukaan penguat dengan matriksnya. Sehingga nilai perpanjangan putusnya akan meningkat. Pada percobaan kali ini didapatkan perpanjangan putus tertinggi adalah 12 wt% SiO₂ kenaikan nilai perpanjangan putus yaitu 1000 % pada 12 wt% (12 phr) SiO₂. Pada komposisi tersebut terjadi interaksi permukaan modifikasi SiO₂ yang kuat dengan karet alam sebagai matriks. Hal ini disebabkan karena ikat silang yang terjadi antara rantai karet alam semakin banyak, derajat ikat silang juga semakin besar sehingga interaksi antara molekulnya semakin besar, sehingga didapatkan perpanjangan putus yang lebih besar juga. Tetapi dengan penambahan lebih lanjut dari penguat menyebabkan penurunan nilai perpanjangan putusnya. Interaksi permukaan antara penguat dengan matriks tidak terjadi secara sempurna lagi, yang disebabkan terjadinya slip antara partikel SiO₂. Hal ini mengakibatkan sifat elastis dari karet alam maupun hasil interaksi permukaan penguat dan karet alam itu sendiri berkurang, sehingga terjadi penurunan nilai perpanjangan putus secara drastis.

Semakin besar komposisi SiO₂ di dalam matriks, maka sifat yang dihasilkan semakin keras. nilai kekerasan yang terbesar pada komposisi massa SiO₂ 24 phr dalam 78 phr karet alam yaitu sebesar 36,67 shore A. Untuk proses pembuatan bahan jadi karet seperti sarung tangan, kondom, karet tensimeter dan produk lainnya, nilai kekerasan yang tinggi malah mengakibatkan bahan jadi karet yang dihasilkan bersifat kaku dan keras. Sifat kaku dan terlalu keras mengakibatkan bahan yang dihasilkan tidak enak dipakai, sehingga kurang efektif dalam penggunaannya. Pada penelitian ini persentase penguat yang digunakan hanya pada 24 wt % SiO₂.

Kekuatan sobek yang lemah merupakan masalah yang utama dalam produk-produk yang dihasilkan oleh lateks karet alam. Dengan penambahan SiO₂ sebagai penguat dalam karet alam diharapkan juga dapat memperbaiki kekuatan sobeknya secara signifikan. Pada massa SiO₂ sebanyak 9 wt % (9 phr) terjadi peningkatan kekuatan sobek yang sangat drastis yaitu sebesar 35,349 kg/cm. Ketika penguat anorganik secara homogen didistribusikan dalam matriks polimer, mereka secara makroskopi membentuk sebuah kerja anorganik, yang satu sama lainnya menembus matriks polimer dan membatasi *slides* molekul polimer, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dari polimer termasuk kekuatan sobeknya. Tetapi, kekuatan sobek secara signifikan menurun pada 6 wt% (6 phr) SiO₂, dengan pengumpulan yang terlalu banyak dari massa SiO₂ menyebabkan kekuatan sobek dari matriks karet alam tidak lagi meningkat tetapi akan berkurang. SiO₂ mengurangi *fleksibilitas* karet alam karena terdapat pembatasan dalam penyelipan di antara rantai molekul sepanjang permukaan penguat. Sehingga nilai kekerasan dari bahan yang dihasilkan akan meningkat tetapi kekuatan sobeknya akan menurun.

3.5 Analisis Sifat Termal

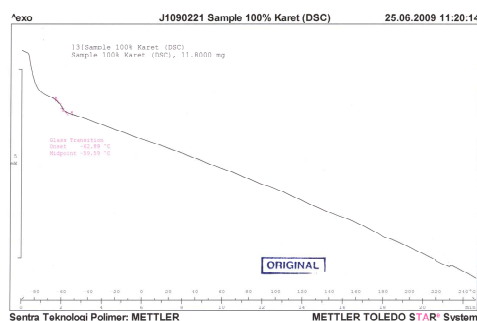
Analisis DSC digunakan untuk mempelajari transisi fase, seperti melting, suhu transisi glass (T_g) , atau dekomposisi eksotermik, serta untuk menganalisa kestabilan terhadap oksidasi dan kapasitas panas suatu bahan. Temperatur transisi gelas (T_g) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur transisi glassnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet (Hidayat dkk, 2003).

Sampel utama yang digunakan (matriks) merupakan polimer yang bersifat amorf, sehingga pada pengujian ini yang terdeteksi hanyalah nilai transisi glass (T_g) saja. Pengukuran T_g dilakukan dengan DSC untuk memprediksi *miscibilitas* campuran karet alam/ SiO_2 . Campuran yang homogen akan menampilkan T_g yang tunggal.

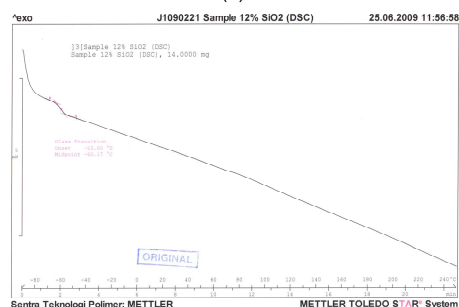
Tabel 3. Hasil Pengukuran DSC

Karet Alam/ SiO_2 (phr)	Onset ($^{\circ}\text{C}$)	* T_g ($^{\circ}\text{C}$)
100/0	-62,89	-59,59
91/9	-64,15	-60,92
88/12	-63,60	-60,17
76/24	-64,58	-61,65

* T_g yang diberikan merupakan nilai Midpoint pada grafik DSC



(a)



(b)

Gambar 3. Hasil DSC pada komposisi (a) 100 wt% Karet alam, (b) 12 wt% SiO_2

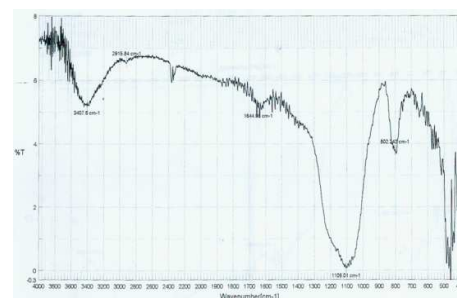
Proses pencampuran bahan tersebut cukup homogen, hal ini dibuktikan karena pada bahan tersebut hanya terdapat T_g yang tunggal. Pada komposisi SiO_2 9-24 wt % SiO_2 , juga terdapat T_g yang tunggal dan terjadi penurunan nilai T_g yang relatif kecil seiring penambahan komposisi SiO_2 di dalam karet alam. Menurut K. Gurusamy (2008), nilai T_g karet alam berkisar di antara -72°C sampai 75°C . Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai T_g karet alam sudah berada di antara range tersebut, yaitu $-59,59^{\circ}\text{C}$. Pada temperatur tersebut, karet alam menunjukkan sifat elastisitasnya, dengan temperatur di bawah nilai tersebut maka terjadi pergeseran sifat dari elastis menuju sifat *glassy*. Penurunan nilai T_g tersebut diakibatkan adanya interaksi antara SiO_2 dengan molekul karet alam. Nilai T_g yang dihasilkan mengalami penurunan dari $0,58^{\circ}\text{C}$ sampai $1,97^{\circ}\text{C}$.

Karet alam merupakan jenis elastomer yang mempunyai struktur *crosslink* dengan derajat yang lebih rendah daripada termoplastik, tetapi elastomer ini dapat mengalami pertambahan panjang dua kali atau lebih dari panjang awalnya jika gaya yang diberikan kepadanya dihilangkan. Dari grafik di atas juga menunjukkan bahwa karet tersebut belum menjadi bahan belum menjadi termoset, dibuktikan dengan terdapatnya nilai T_g pada karet yang sangat kecil. Hal ini membuktikan bahwa karet alam masih belum bisa didaur ulang seperti plastik.

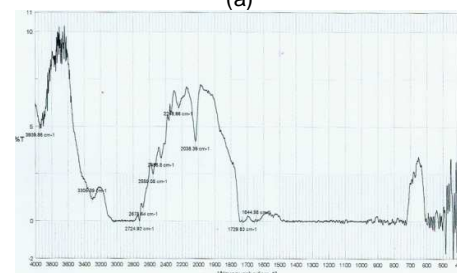
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan penurunan temperatur T_g yang relative kecil. Walaupun nilai temperatur T_g masih berada dalam range secara teoritis, namun masih belum menunjukkan perbaikan yang signifikan pada sifat termal dari bahan komposit yang dihasilkan. Hal ini dimungkinkan oleh SiO_2 yang digunakan sebagai penguat mayoritas berfase amorf.

3.6 Analisis Komposisi Kimia

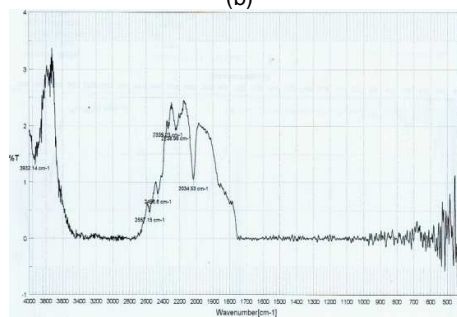
Analisis ini akan mengkonfirmasi kehadiran SiO_2 di dalam matriks karet alam, dan mengidentifikasi interaksi antara tahap-tahap karet alam dan SiO_2 .



(a)



(b)



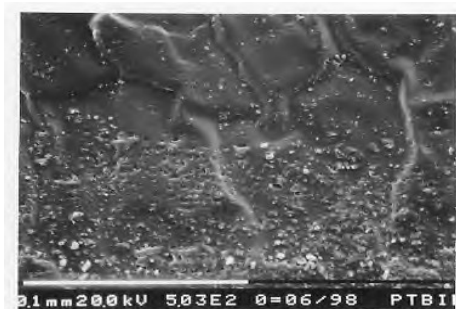
(c)

Gambar 4. Grafik FT-IR pada Komposisi (a) 100wt% SiO_2 , (b) 100 wt% Karet (c) 12 wt% SiO_2

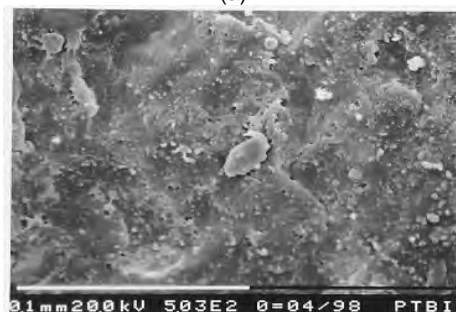
Seiring dengan penambahan SiO pada karet alam yang membentuk bahan komposit karet alam/SiO₂ maka terjadi sedikit pergeseran puncak, akibat dari interaksi antar permukaan dari SiO₂ sebagai penguat dan karet alam sebagai matriks. Pergeseran puncak ini ditunjukkan oleh Gambar 4.(d) untuk penambahan 12 wt% SiO₂ dalam karet alam. Pergeseran puncak ini diakibatkan terjadinya vibrasi ulur dari Si-O di antara 1644,98 cm⁻¹ sampai 1100 cm⁻¹. Vibrasi ulur merupakan proses pemanjangan atau pengerutan ikatan kimia. Dengan terjadinya vibrasi ulur pada bahan yang dihasilkan membuktikan bahwa struktur SiO₂ berhasil disebarkan pada matriks karet alam. Pergeseran puncak pada 3407,6 cm⁻¹ sering digunakan untuk mempelajari ikatan hidrogen antara gugus -OH (gugus OH bebas menyerap kuat di daerah 3550-3200 cm⁻¹) dalam jaringan SiO₂ dan semua gugus fungsional dari rantai molekul polimer, dan vibrasi ulur Si-O pada 1644,98 cm⁻¹ sampai 1100 cm⁻¹ merupakan buktiterjadinya interaksi-interaksi antara penguat dengan matriks. Pada sistem polar karet alam/SiO₂, hanya menunjukkan sedikit pergeseran yang signifikan. Hal ini berarti interaksi antara rantai-rantai makromolekul karet alam dan SiO₂ agak lemah ketika silika polar didistribusikan di dalam hidrokarbon karet yang non-polar.

3.7 Analisis Struktur Mikro

Pada bahan komposit yang dihasilkan di sini, SiO₂ di dalam karet alam tidak lagi bertindak sebagai partikel inti tetapi sudah membentuk *cluster* yang merupakan kombinasi dari SiO₂/3-Aminopropyltriethoxysilane.



(a)



(b)

Gambar 5. Struktur Mikro pada Komposisi
(a) 12wt% SiO₂ dan (b) 24 wt% SiO₂

Ketika persentasi SiO₂ sebagai penguat dimasukkan ke dalam karet alam lebih kecil dari 9wt%, sejumlah partikel SiO₂ belum terdistribusi secara merata keseluruh karet alam sebagai individu *cluster* yang berbentuk bola-bola. Pada peningkatan lebih lanjut dari komposisi SiO₂ dalam karet alam, *cluster* SiO₂ yang didistribusikan pada karet alam sudah mulai homogen. Berdasarkan Gambar 5(a) terlihat bahwa *cluster* SiO₂ sudah mulai terdistribusi dengan baik pada permukaan matriks, sehingga terjadi interaksi permukaan yang kuat antara penguat dan matriks. Ikatan tersebut akan meningkatkan daya ikat silang dari karet itu sendiri maupun ikatan permukaan dengan penguatnya. Hal ini dibuktikan dengan uji hasil sifat mekanik di mana sifat mekanik dari campuran, seperti kuat tarik, *tensile modulus*, perpanjangan putus dan kuat sobek terjadi peningkatan yang drastis. Pada komposisi 12 wt% SiO₂ diperoleh ukuran diameter dari *cluster* SiO₂ nya dari 0,04 – 4 µm.

Ketika partikel SiO₂ lebih banyak di masukkan dalam matriks, terjadi maka densitas *cluster* SiO₂ semakin tinggi, hal ini mengakibatkan terjadinya pengumpulan-pengumpulan *cluster* SiO₂ pada permukaan matriks. Pengumpulan mendominasi pada peningkatan komposisi 24 wt% SiO₂. Berdasarkan Gambar 5(b) pengumpulan *Cluster* SiO₂ sangat jelas terlihat. Dari hasil pengukuran, dapat dilihat bahwa ukuran dari *cluster* SiO₂ mempunyai distribusi yang lebih kecil, yaitu pada komposisi kurang dari 12 wt% SiO₂. Sedangkan dengan bertambahnya SiO₂ dalam matriks mengakibatkan ukuran diameternya menjadi lebih luas. Pada komposisi 24 wt% SiO₂ diperoleh ukuran diameter dari *cluster* SiO₂ nya dari 0,04-14 µm. Partikel SiO₂ telah ekstensif digunakan untuk preparasi komposit polimer/silika melalui pencampuran dengan pelelehan ataupun dengan pencampuran fisik lainnya. Hal ini disebabkan, silika mempunyai sejumlah kelompok hidroksil, pada permukaan, yang menghasilkan kekuatan dalam interaksi penguat ataupun partikel-partikelnya, sehingga mempunyai sifat pengumpulan pada diri sendiri (penguat) atau terjadi aglomerasi antar partikel SiO₂ itu sendiri.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan agen penggandeng APTES telah berhasil membentuk bahan komposit dengan karet alam sebagai matriks dan SiO₂ sebagai penguat. Bahan komposit karet alam-SiO₂ mengalami peningkatan sifat mekanik, seperti: kuat tarik, *tensile modulus*, dan perpanjangan putus dengan penambahan komposisi 9-12 wt% SiO₂ di dalam karet alam, serta peningkatan nilai ketahanan sobek secara drastis terjadi pada 9 wt% SiO₂ dalam matriks. Sedangkan nilai kekerasan mengalami peningkatan yang relative kecil seiring dengan penambahan SiO₂ dalam matriks karet alam. Sifat termal bahan komposit karet alam-SiO₂ yang dihasilkan kurang mengalami perbaikan yang ditandai penurunan

nilai T_g yang relative kecil seiring dengan kenaikan komposisi SiO_2 di dalam karet alam. Semakin baik distribusi partikel silika sebagai penguat pada matriks, maka akan memperbaiki fisik dan mekanik dari bahan komposit yang dihasilkan. Penambahan dispersi SiO_2 sebagai penguat pada karet alam membuktikan terjadinya perbaikan pada sifat fisik dan mekanik dari bahan yang dihasilkan.

6. Penghargaan

Pengarang mengucapkan syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya pada Direktur Departemen Agama Indonesia, Direktur PT BIN BATAN, Serpong dan Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, baik bantuan finansial maupun non finansial.

7. Pustaka

- Corning, Dow. (2005a). "A Guide to Silane Solutions from Dow Corning", Dow Corning Corporation No. 26-1328-01, USA.
- Ghosh, P. (2003a) "Polymer Science and Technology, Plastics, Rubber, Blend and Composites" Second edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Hidayati, Ririn Eva. (2008b), "Sintesis Zeolit dari Abu Layang Batubara : Kajian Pengaruh Waktu Hidrotermal awal Terhadap pembentukan Zeolit". Tesis, ITS, Surabaya.
- K. Makuuchi, Ph.D. (2003b), "An Introduction to Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex", T.R.I. Global Co., Ltd., Bangkok, Thailand.
- K.Gurusmary, (2008d), "Frustrated State of Matter Glasses". National Chemical Laboratory.
- Liza, Chandra. (2009), "Nanokomposit Polipropilen Clay", Majalah Sentra Polimer, serpong, Tangerang.
- Morton, M. (1959), "Introduction to Rubber Technology" Reinhold Publishing Corporation, New York.
- Morrison, N.J. dan M. Porter (1984), "Temperature Effects on The Stability of Intermediates and Crosslink in Sulfur Vulcanization", Rubb. Chem. Technol., 57. P.63.
- Na'fiah, Chiron. (2008c), "Pengaruh Komposisi KOH Pada Sintesis Zeolit dari Abu Layang Batubara" Tesis, ITS, Surabaya.
- Nugroho, A.B. & Triono, L.B. (2006), "Sintesis Partikel Silika dengan Metode Spray Drying dari Sol Silika" Tugas Akhir, ITS, Surabaya.
- Pratapa, Dr. Suminar (2008d), "Prinsip-prinsip Difraksi Sinar-X", FMIPA, ITS, Surabaya.
- Siswanto, Aminatun, dan Puspitasari, Ira. (2008e). "Pemberian Maleic Anhidrida (MA) Pada Blending Polipropilen-Pati Tapioka" Fisika Material, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Surabaya.
- S. Thongsong & N.Sombatsompop, (2005b), "Effect of Filler Surface Treatment on Properties of Fly Ash/NR Blend", Jurnal Polymer Processing and Flow (P-PROF)

Group School of Energy & Material, Bangkok, Thailand.

Zeng Peng, Ling Xue Kong, Si-Dong Li, Yin Chen, Mao Fang Huang, (2007) "Composites Science and Technology", Jurnal Composites Science and Technology Vol.67, pp.3130-3139.